

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-264651

(43)Date of publication of application : 26.09.2001

(51)Int.Cl. G02B 26/08  
B81B 7/02

(21)Application number : 2000-073618

(71)Applicant : JAPAN AVIATION ELECTRONICS  
INDUSTRY LTD

(22)Date of filing : 16.03.2000

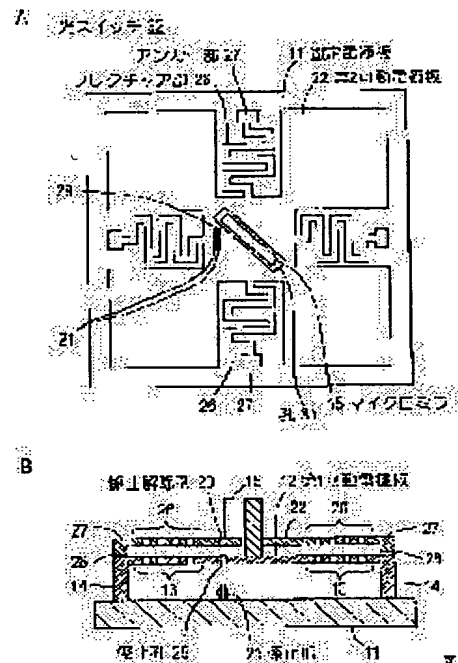
(72)Inventor : MORI KEIICHI

## (54) OPTICAL SWITCH

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent a switch state (optical path) from being switched when electrostatic force disappears by power failure, etc.

**SOLUTION:** A catch 21 driven by the electrostatic force, for catching the 1st movable electrode plate 12 displaced to a fixed electrode plate 11 side is provided on a fixed electrode plate 11. Because the 1st movable electrode plate 12 is mechanically caught by the catch 21 pressed into the hole 25, a position is maintained when the electrostatic force disappears and therefore, a micro mirror 15 is not displaced (rise), either. Cancellation of detaining is performed by driving the 2nd movable electrode plate 22 by the electrostatic force and by pressing the catch 21 by both the inner edges of a detaining cancellation hole 29 to elastically deform.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-264651

(P2001-264651A)

(43) 公開日 平成13年9月26日 (2001.9.26)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 2 B 26/08

G 0 2 B 26/08

E 2 H 0 4 1

B 8 1 B 7/02

B 8 1 B 7/02

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-73618(P2000-73618)

(22) 出願日 平成12年3月16日(2000.3.16)

(71) 出願人 000231073

日本航空電子工業株式会社

東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号

(72) 発明者 森 恵一

東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号 日本

航空電子工業株式会社内

(74) 代理人 100066153

弁理士 草野 卓 (外1名)

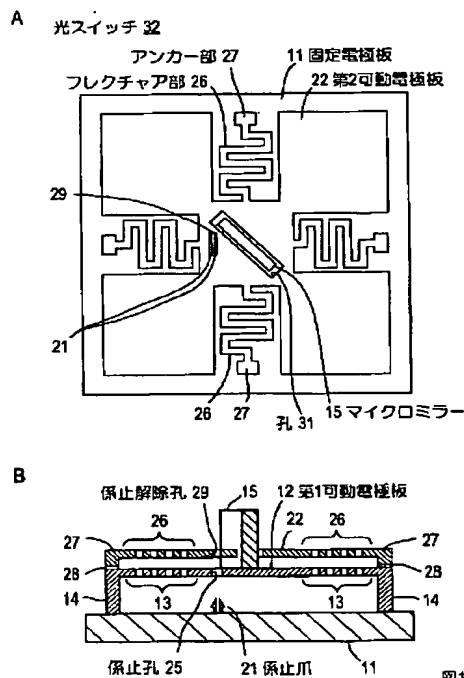
Fターム(参考) 2H041 AA14 AB13 AC06 AZ08

(54) 【発明の名称】 光スイッチ

(57) 【要約】

【課題】 停電等により静電気が消失してもスイッチ状態(光路)が切り換わらないようにする。

【解決手段】 静電気力により駆動されて固定電極板11側に変位した第1可動電極板12を係止する係止爪21を固定電極板11上に設ける。第1可動電極板12はその係止孔25に押し込まれた係止爪21によって機械的に係止されるため、静電気が消失してもその位置を維持し、よってマイクロミラー15も変位(上昇)しない。係止の解除は第2可動電極板22を静電気力により駆動し、係止爪21を係止解除孔29の両内縁によって押圧して弾性変形させることにより行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 固定電極板と、その固定電極板と対向配置され、フレクチャ部及びアンカー部を介して固定電極板に結合された第1の可動電極板と、その第1の可動電極板上に直立形成されたマイクロミラーとを備え、静電気力により上記第1の可動電極板を上記固定電極板の板面に対して垂直方向に駆動して上記マイクロミラーを変位させることにより入射する光の光路切り換えを行う光スイッチにおいて、

上記固定電極板上に、上記駆動により上記固定電極板側に変位した上記第1の可動電極板に係止する係止爪を有し、

その係止爪を弾性変形させて上記係止を解除する第2の可動電極板を有することを特徴とする光スイッチ。

【請求項2】 請求項1記載の光スイッチにおいて、上記係止爪は上記固定電極板上に近接して直立形成された一对の可撓部と、それら可撓部の先端に、下面が互いに外向きに突出され、上面が互いの外側に向かって下降する傾斜面とされて形成された一对の係止部とよりなるものとされ、

上記第1の可動電極板は係止孔を具備するものとされて、上記駆動による変位に伴い、その係止孔に上記係止爪が押し込まれて係止される構造とされ、

上記第2の可動電極板は上記マイクロミラーを通す孔と係止解除孔とを備え、上記第1の可動電極板の上方に配置されて静電気力により上記固定電極板側に駆動変位されるものとされ、その変位に伴い、係止解除孔の対向する内縁が上記両傾斜面を押圧して上記一对の係止部を閉じさせることにより上記第1の可動電極板の係止を解除する構造とされていることを特徴とする光スイッチ。

【請求項3】 請求項1記載の光スイッチにおいて、上記係止爪は上記固定電極板上に直立形成された可撓部と、その可撓部に鉤状をなすように突設された係止部とよりなり、その係止部の上面は突端に向かって下降する傾斜面とされて、上記第1の可動電極板の両端縁に対応する位置に係止部が互いに内向きとされてそれぞれ配置され、

上記第1の可動電極板は上記駆動による変位に伴い、上記両係止爪間に押し込まれて係止される構造とされ、上記第2の可動電極板は上記マイクロミラーを通す孔を備え、上記第1の可動電極板の上方に配置されて静電気力により上記固定電極板側に駆動変位されるものとされ、その変位に伴い、両端縁が上記両係止爪の傾斜面を押圧して係止部を互いに開かせることにより上記第1の可動電極板の係止を解除する構造とされていることを特徴とする光スイッチ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は光通信システム等において用いられる光スイッチに関し、特に空間的に光

路をスイッチングする光スイッチに関する。

## 【0002】

【従来の技術】この種の光スイッチの従来構造の一例を図7に示す。固定電極板11上にその板面と平行に可動電極板12が対向されて配置される。可動電極板12はこの例では図に示したように方形の各辺の中央部が切り欠かれたような形状とされており、この切り欠き部においてそれぞれフレクチャ部13に連結支持され、それらフレクチャ部13の他端がそれぞれアンカー部14を介して固定電極板11に結合されたものとなっている。

【0003】フレクチャ部13は図に示したように幅狭とされて繰り返し折れ曲がった形状とされ、つまりジグザグ状をなすように形成されている。可動電極板12はこのような4本のフレクチャ部13によって支持されることにより、固定電極板11の板面に対して垂直方向に変位可能とされており、この可動電極板12の中央部上面にマイクロミラー15が直立形成されている。固定電極板11には例えばシリコン基板が用いられ、このシリコン基板上に可動電極板12、フレクチャ部13及びアンカー部14が薄膜形成技術を使用して例えばポリシリコン膜により一体に形成される。マイクロミラー15は例えばメッキ技術を使用して形成され、材料としては金などが用いられる。なお、マイクロミラー15をレジストで構成し、その表面に金蒸着膜を設けるといった構成も採用される。

【0004】上記のような構造とされた光スイッチ16においては固定電極板11と可動電極板12との間に電圧を印加してそれら電極板間に互いに吸引する静電気力を発生させることにより、その静電気力によって可動電極板12が固定電極板11側に駆動変位され、これによりマイクロミラー15を固定電極板11の板面に対して垂直方向に変位させることができるため、固定電極板11の板面と平行方向から入射する光の光路切り換えを行うことができるものとなっている。

【0005】図7A中、17a～17cは例えばこの光スイッチ16の周囲に配置される光ファイバを示し、18は光スイッチ16に入射される入射光、19a、19bは出射光を示す。光路にマイクロミラー15が挿入されている時は入射光18はマイクロミラー15によって反射され、その出射光19aは光ファイバ17bに入射される。一方、光路にマイクロミラー15が挿入されていない時は入射光18はそのまま進行して出射光19bとなり、光ファイバ17cに入射される。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来の光スイッチ16においては、静電気力により可動電極板12を固定電極板11側に駆動変位させ、光ファイバ17cに出射光19bが出力される状態となっている時に、例えば停電等が発生して静電気力が消失すると、

可動電極板12はフレクチャ部13の弾性復帰力により引っ張られて上方に変位してしまうため、マイクロミラー15が光路に挿入されて出射光が19bから19aに切り換わってしまい、つまりスイッチ状態が切り換わってしまうといった問題が発生する。

【0007】この発明の目的はこの問題に鑑み、停電等により静電気が消失しても固定電極板側に変位している状態を可動電極板が維持し、つまり可動電極板が上昇しないようにした光スイッチを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明によれば、固定電極板と、その固定電極板と対向配置され、フレクチャ部及びアンカー部を介して固定電極板に結合された第1の可動電極板と、その第1の可動電極板上に直立形成されたマイクロミラーとを備え、静電気力により第1の可動電極板を固定電極板の板面に対して垂直方向に駆動してマイクロミラーを変位させることにより入射する光の光路切り換えを行う光スイッチにおいて、固定電極板上に上記駆動により固定電極板側に変位した第1の可動電極板に係止する係止爪を有し、その係止爪を弾性変形させて上記係止を解除する第2の可動電極板を有するものとされる。

【0009】請求項2の発明では請求項1の発明において、係止爪は固定電極板上に近接して直立形成された一对の可撓部と、それら可撓部の先端に下面が互いに外向きに突出され、上面が互いの外側に向かって下降する傾斜面とされて形成された一对の係止部とよりなるものとされ、第1の可動電極板は係止孔を具備するものとされて上記駆動による変位に伴い、その係止孔に上記係止爪が押し込まれて係止される構造とされ、第2の可動電極板はマイクロミラーを通す孔と係止解除孔とを備え、第1の可動電極板の上方に配置されて静電気力により固定電極板側に駆動変位されるものとされ、その変位に伴い係止解除孔の対向する内縁が上記両傾斜面を押圧して上記一对の係止部を閉じさせることにより第1の可動電極板の係止を解除する構造とされる。

【0010】請求項3の発明では請求項1の発明において、係止爪は固定電極板上に直立形成された可撓部と、その可撓部に鉤状をなすように突設された係止部とよりなり、その係止部の上面は突端に向かって下降する傾斜面とされて、第1の可動電極板の両端縁に対応する位置に係止部が互いに内向きとされてそれぞれ配置され、第1の可動電極板は上記駆動による変位に伴い、上記両係止爪間に押し込まれて係止される構造とされ、第2の可動電極板はマイクロミラーを通す孔を備え、第1の可動電極板の上方に配置されて静電気力により固定電極板側に駆動変位されるものとされ、その変位に伴い両端縁が上記両係止爪の傾斜面を押圧して係止部を互いに開かせることにより第1の可動電極板の係止を解除する構造とされる。

【0011】

【発明の実施の形態】この発明の実施の形態を図面を参照して実施例により説明する。なお、図7と対応する部分には同一符号を付し、その説明を省略する。図1はこの発明の一実施例を示したものであり、図2はその要部を拡大して示したものである。この例では固定電極板11上に静電気力により駆動されて固定電極板11側に変位した可動電極板12に係止する係止爪21が設けられ、さらにその係止爪21を弾性変形させて可動電極板12の係止を解除する第2の可動電極板22が設けられる。

【0012】係止爪21は図2に拡大して示したように固定電極板11上に近接して直立形成された一对の可撓部23a、24aと、それら可撓部23a、24aの先端に、下面が互いに外向きに突出され、上面が互いの外側に向かって下降する傾斜面とされて形成された一对の係止部23b、24bとよりなるものとされる。マイクロミラー15が搭載されている可動電極板（第1可動電極板）12には係止爪21と対向する位置に矩形状をなす係止孔25が設けられる。

【0013】一方、第2可動電極板22は図1に示したように第1可動電極板12の上方に、つまり第1可動電極板12を挟んで固定電極板11と反対側に、その板面が固定電極板11と平行とされて配置される。第2可動電極板22はこの例では第1可動電極板12と同様の外形形状を有するものとされ、また第1可動電極板12と同様に、4本のフレクチャ部26によって支持されて固定電極板11の板面と垂直方向に変位可能とされている。

【0014】各フレクチャ部26の他端はアンカー部27にそれぞれ連結されており、これらアンカー部27は例えばSiO<sub>2</sub>膜よりなる絶縁層28を介してそれぞれアンカー部14上に搭載された構造となっている。なお、この例では各フレクチャ部26もフレクチャ部13と同様の形状を有するものとされている。第2可動電極板22、フレクチャ部26及びアンカー部27は第1可動電極板12、フレクチャ部13及びアンカー部14と同様に、例えばポリシリコン膜等により一体に形成される。

【0015】第2可動電極板22には係止孔25と対向する位置に係止解除孔29が形成されており、またマイクロミラー15を通すための孔31が形成されている。マイクロミラー15はこの孔31を介して第2可動電極板22上に突出されている。ここで、係止爪21、係止孔25及び係止解除孔29の寸法関係（大きさの関係）について説明する。今、図2B中に示したように、係止爪21の両可撓部23a、24a間の間隙をa、両係止部23b、24bの互いの外側突端間の寸法をb、係止孔25の幅をc、係止解除孔29の幅をd、可撓部23a、24aの長さ（高さ）をe、第1可動電極板12の

厚さを $f$ 、両可撓部23a、24aの互いの外側面間の寸法を $g$ とする時、これら $a\sim g$ は次のような関係を満たすように選定される。なお、係止爪21、係止孔25及び係止解除孔29の各中心線は一致されている。

【0016】 $b>c>b-a>d>a$

$c>g, e>f$

即ち、可撓部23a、24aが閉じる方向に弾性変形することにより、両係止部23b、24bは係止孔25を通過し、弾性復帰することにより第1可動電極板12が両係止部23b、24bによって係止される構造とされる。一方、係止解除孔29に対しては両係止部23b、24bは通過することはできず、係止解除孔29の対向する内縁29a、29bは常に両係止部23b、24bの傾斜面23c、24c上に位置するものとされる。

【0017】なお、これら $a\sim g$ の数値例を示せば、例えば下記のような値に設定される。

$a=5\mu\text{m}$ 、 $b=15\mu\text{m}$ 、 $c=11\mu\text{m}$ 、 $d=7\mu\text{m}$

$e=10\mu\text{m}$ 、 $f=5\mu\text{m}$ 、 $g=9\mu\text{m}$

次に、上記のような構成を具備する光スイッチ32の動作について、図3を参照して説明する。図3(1)は第1可動電極板12及び第2可動電極板22に対し、固定電極板11との間において、それぞれ電圧が印加されていない状態を示したものであって、マイクロミラー15が光路に挿入されている状態を示す。

【0018】マイクロミラー15を変位させて光路を切り換えるべく、第1可動電極板12と固定電極板11との間に電圧を印加すると、静電気力により第1可動電極板12は駆動され、固定電極板11側へ、つまり下方へ変位する。この変位に伴い、係止爪21が係止孔25に押し込まれて図3(2)に示した状態となり、第1可動電極板12は係止爪21によって機械的に係止された状態となる。従って、この状態では静電気力は不要であり、たとえ停電等により静電気力が消失しても第1可動電極板12はこの位置を維持する。

【0019】マイクロミラー15を光路に挿入して再度光路切り換えを行う場合は第2可動電極板22と固定電極板11との間に電圧を印加する。第2可動電極板22は静電気力により駆動されて固定電極板11側に変位し、この際係止解除孔29の両内縁29a、29bが図3(3)に示したように係止爪21の両傾斜面23c、24cに当接し、さらに第2可動電極板22が下降することにより、両内縁29a、29bが両傾斜面23c、24cを押圧する。

【0020】この押圧により係止爪21はその可撓部23a、24aが弾性変形して図3(4)に示したように両係止部23b、24bが完全に閉じた状態となり、この状態で第2可動電極板22はその下降が阻止され、また第1可動電極板12は係止爪21による係止が解除されるため、図に示したように上昇して第2可動電極板22と当接する。第2可動電極板22への電圧印加をオフ

にすれば、両可動電極板12、22はそれぞれフレクチャ部13、26の弾性復帰力によって上方へ引っ張られ、これにより図3(1)の状態に復帰して光路が切り換わる。

【0021】このように、この例によれば第1可動電極板12が固定電極板11側に下降変位している状態で停電等により静電気力が消失しても第1可動電極板12は上昇することなく、その位置を維持するため、スイッチ状態が切り換わってしまうといった従来の問題を解消することができる。図4は上記のような形状を有する係止爪21の形成寸法の一例を工程順に示したものであり、以下各工程(1)～(5)について説明する。

【0022】(1)シリコン基板よりなる固定電極板11上にレジスト41を塗布し、パターニングして一对のホール42を形成する。

(2)メッキ技術を用いてホール42をニッケル43で充填する。この際、シリコン基板にはクロム/金などのシードレーヤーを設けておき、ニッケルとの接合強化を図ってもよい。

(3)さらにレジスト44を塗布し、パターニングしてニッケル43が充填された一对のホール42上に図に示したような大きさのホール45をそれぞれ形成する。

【0023】(4)ホール45に(2)と同様にニッケルメッキを施す。(2)の工程で充填されたニッケル43の上には相対的に速いレートでニッケルメッキが堆積し、レジスト41の上では相対的に遅いレートでニッケルメッキが堆積することから図に示したような傾斜をもったニッケル46のメッキが形成される。

(5)レジスト41、44を剥離除去することにより、ニッケルよりなる係止爪21が完成する。

【0024】なお、係止爪21の構成材料にはニッケル以外の金属材料を用いてもよい。図5はこの発明の他の実施例を示したものであり、図6はその要部を拡大して示したものである。この例では第1可動電極板12を係止する係止爪が図5に示したように固定電極板11上、第1可動電極板12の中央方形部の両端縁12a、12bにそれぞれ対応する位置に配置されたものとされる。これら係止爪23、24は図2に示した係止爪21の各片と同様の形状を有するものとされ、即ち係止爪23、24はそれぞれ固定電極板11上に直立形成された可撓部23a、24aと、その可撓部23a、24aに鉤状をなすように突設された係止部23b、24bとよりなり、係止部23b、24bの上面は突端に向かって下降する傾斜面23c、24cとされている。

【0025】係止爪23、24はその係止部23b、24bが互いに内向きとされて配置されており、第1可動電極板12はこれら係止爪23、24間にその中央方形部が押し込まれて係止される構造とされる。この係止状態及び係止の解除を図6Bを参照して説明する。なお、図6Bは一方の係止爪24のみについて示しているが、

他方の係止爪23も同様に動作する。

【0026】静電気力により第1可動電極板12を駆動すると、第1可動電極板12はその変位に伴い、両係止爪23、24間に押し込まれて係止される。係止の解除は図1に示した光スイッチ32と同様に配置された第2可動電極板22を静電気力により駆動変位させることによって行われ、変位に伴い第2可動電極板22の中央方形部の両端縁22a、22bが両係止爪23、24の傾斜面23c、24cを押圧して係止部23b、24bを互いに開かせ、これにより第1可動電極板12の係止が解除される。

【0027】なお、第2可動電極板22の両端縁22a、22bの位置は第1可動電極板12の両端縁12a、12bの位置に対してわずかに外側に位置され、つまり第2可動電極板22の中央方形部の幅は第1可動電極板12の中央方形部の幅に対してわずかに大とされている。また、第1、第2可動電極板12、22の厚さをそれぞれf、hとし、可撓部23a、24aの高さをeとする時、これらは

$$f + h > e > f$$

を満たすように選定される。これにより第2可動電極板22が両係止部23b、24bの下に嵌り込むことが防止され、つまり第2可動電極板22が係止爪23、24によって係止されることが防止される。

【0028】なお、この図5に示した光スイッチ51においては、一対の係止爪23、24によって第1可動電極板12の中央方形部の両端を係止するようにしているが、例えば係止爪を一方のみとし、一つの係止爪によって係止することも可能である。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば静電気力により駆動されて固定電極板側へ変位した第1可動電極板は係止爪によって自動的に係止され、つまり機械的に係止されてその位置を維持する構造とされているため、例えば停電等により静電気力が消失しても第1可動電極板は上昇せず、よって静電気力の消失によりマイクロミラーが光路に挿入されていない状態から光路に挿入された状態に切り換わり、スイッチ状態（出力ポート）が切り換わってしまうといった従来の光スイッチの不具合を解消することができる。

【0030】また、このように係止爪によって第1可動電極板は係止されるため、固定電極板側へ変位した状態を維持するために従来必要であった静電気力は不要となり、よって電力供給は不要となるため、その分消費電力の低減化を図ることができる。なお、第1可動電極板の係止状態の解除は第2可動電極板を用いて係止爪を弾性変形させることにより、簡単に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】Aはこの発明の一実施例を示す平面図、Bはその断面図。

【図2】図1の要部拡大図、Aは平面図、Bは断面図。

【図3】図1に示した光スイッチの動作を説明するための図。

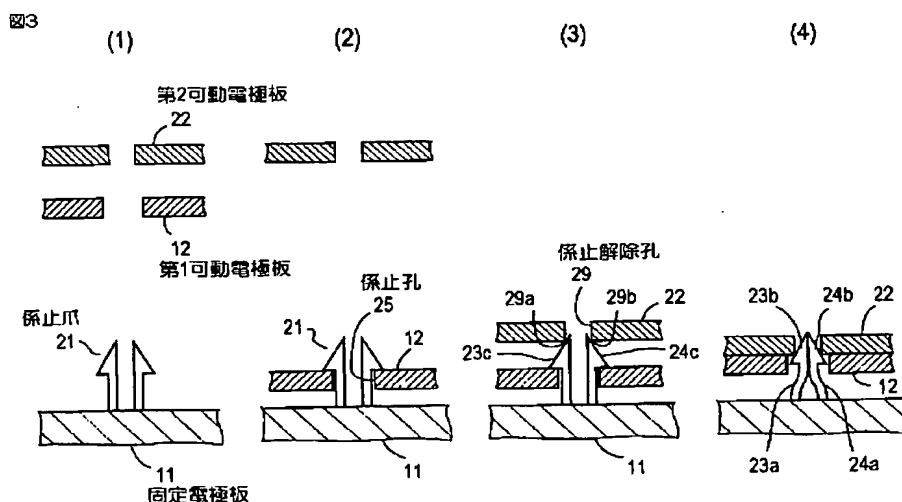
【図4】図1における係止爪の形成方法を説明するための工程図。

【図5】Aはこの発明の他の実施例を示す平面図、Bはその断面図。

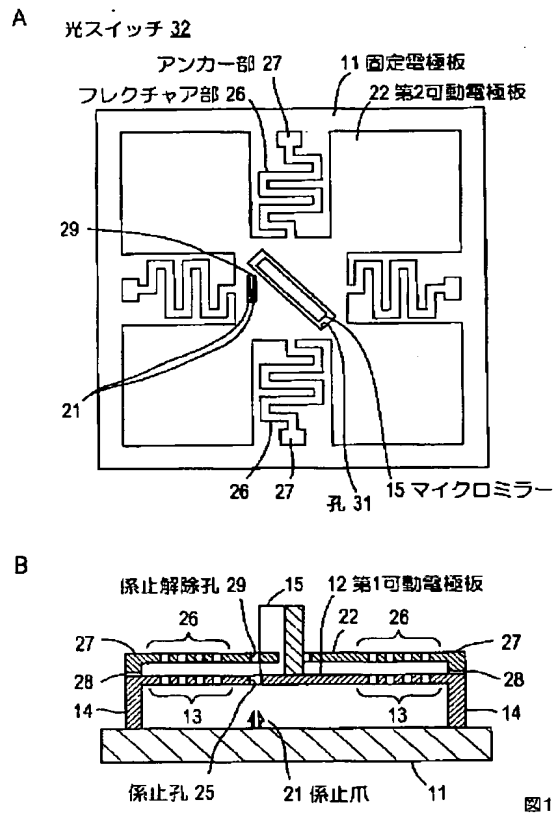
【図6】図5の要部拡大図、Aは平面図、Bは断面図。

【図7】Aは従来の光スイッチを示す平面図、Bはその断面図。

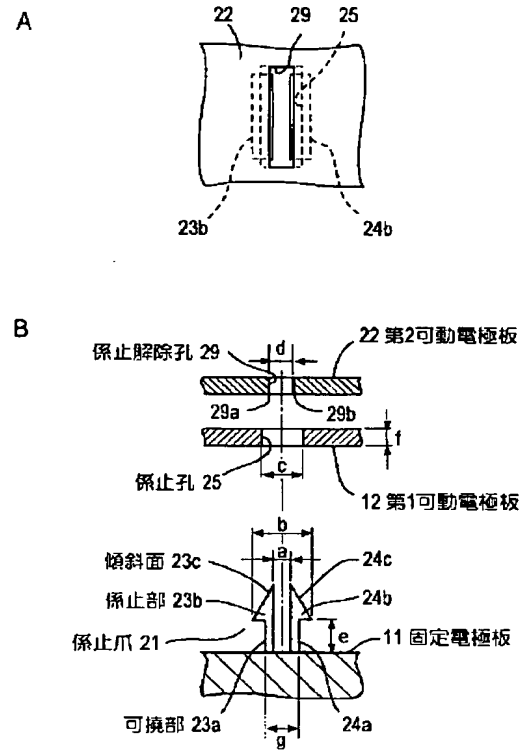
【図3】



【図1】



【図2】





【図4】

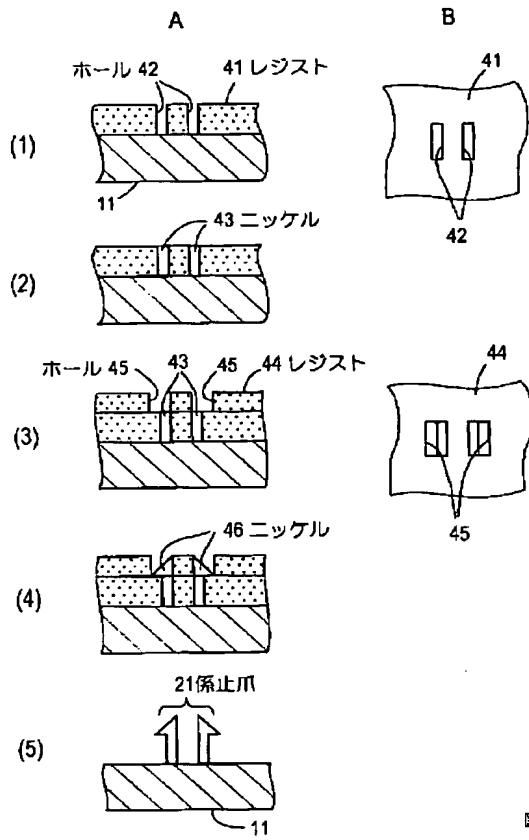


図4

【図5】

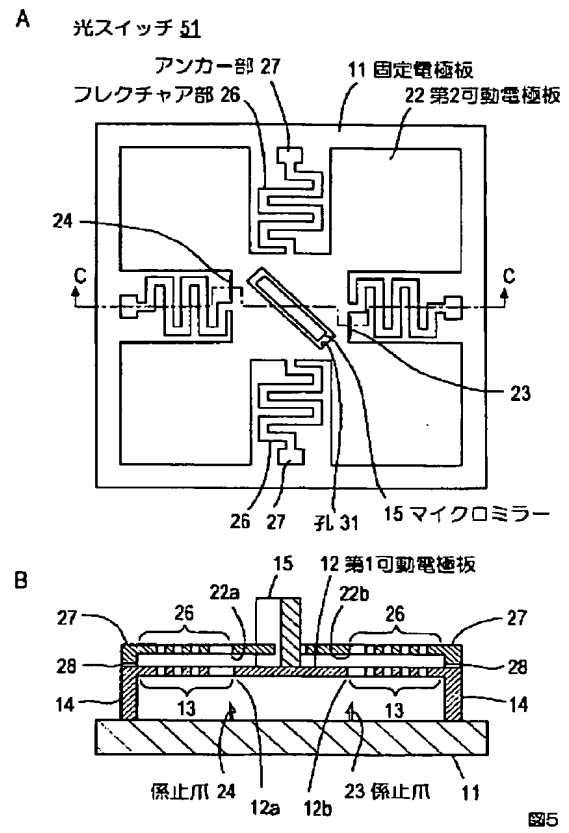


図5

【図6】

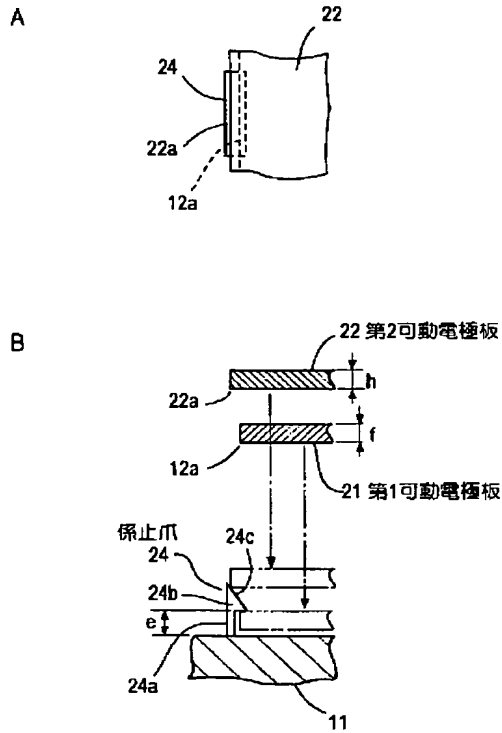


図6

【図7】

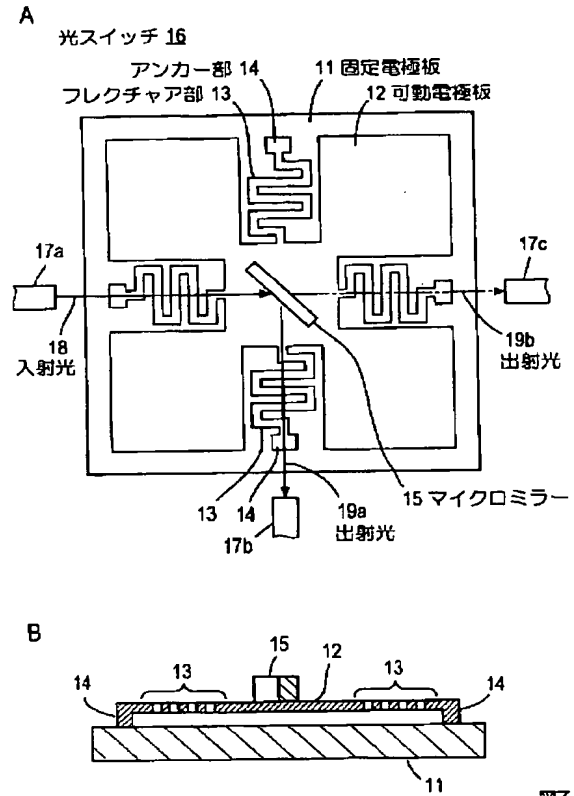


図7